JURNAL | SAINS DAN TEKNOLOGI
KEILMUAN DAN APLIKASI TEKNOLOGI INDUSTRI
E-ISSN : 2615-2827 P-ISSN : 1412-5455
Volume 25, Nomor 1 Tahun 2025
https://ejurnalsttind.id/index.php/SainsdanTeknologi

Optimalisasi Metode Transportasi Pupuk untuk Meningkatkan Efisiensi Logistik dan Distribusi di Provinsi Riau

Melliana[1)*], Sanco Simanullang[2)], Azmi[3)], Trisna Mesra[4)], Sirlyana[5)]

[1,2,3,4,5] Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, Dumai, Indonesia.

mellianna52@gmail.com*; sancosimanullang@gmail.com; azmi.omy@gmail.com; trisnamesra74@gmail.com; drasirlyana@gmail.com

ABSTRAK

Pendistribusian barang menjadi salah satu faktor krusial dalam keberhasilan operasional perusahaan, terutama di sektor agribisnis seperti PT SISUTA yang bergerak dalam produksi dan distribusi pupuk. Untuk mendukung penyebaran pupuk ke berbagai wilayah, efisiensi dalam sistem distribusi menjadi kebutuhan yang tidak bisa diabaikan. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk meminimalkan total biaya transportasi melalui pemilihan rute terbaik dan penggunaan kapasitas pengiriman yang lebih optimal. Metode pengumpulan data berupa data kwantitatif dan pengambilan data berupa data sekunder. Penelitian ini menganalisis pengurangan biaya transportasi di PT Sasuta dengan menggunakan metode *North West Corner***,** *Least Cost***,** dan *Stepping Stone***.** Sebelum optimasi, total biaya transportasi tercatat sebesar Rp. 11.683.200. Dengan metode North West Corner, biaya turun menjadi Rp. 7.012.520, menghasilkan penghematan Rp. 4.850.680. Metode *Least Cost* dan *Stepping Stone* menghasilkan biaya yang lebih optimal, yaitu Rp. 6.100.540, dengan penghematan Rp. 5.762.660 dari biaya awal. Dibandingkan dengan *North West Corner*, metode *Least Cost* dan Stepping Stone memberikan pengurangan tambahan sebesar Rp. 911.980. Hasil ini menunjukkan bahwa metode *Least Cost* dan *Stepping Stone* adalah metode yang paling efisien dan optimal karena dapat menghemat biaya logistik secara signifikan.

Kata Kunci: Biaya transportasi, *North West Corner, Least Cost, Stepping Stone,* Optimasi

ABSTRACT

The distribution of goods is a crucial factor in the success of a company's operations, especially in the agribusiness sector such as PT SISUTA, which is engaged in the production and distribution of fertilizers. To support the distribution of fertilizers to various regions, efficiency in the distribution system is an essential requirement that cannot be overlooked. The objective of this study is to minimize the total transportation costs by selecting the most efficient routes and optimizing delivery capacities. The data collection method employed is quantitative, using secondary data as the primary source. This study analyzes the reduction of transportation costs at PT SISUTA by applying the North West Corner, Least Cost, and Stepping Stone methods. Prior to optimization, the total transportation cost was recorded at Rp. 11,683,200. By using the North West Corner method, the transportation cost was reduced to Rp. 7,012,520, resulting in savings of Rp. 4,850,680. The Least Cost and Stepping Stone methods provided a more optimal solution, reducing the cost to Rp. 6,100,540, which represents savings of Rp. 5,762,660 from the initial cost. Compared to the North West Corner method, the Least Cost and Stepping Stone methods achieved an additional cost reduction of Rp. 911,980. These results indicate that the Least Cost and Stepping Stone methods are the most efficient and optimal approaches, as they can significantly reduce logistics costs.

Keywords: *Transportation cost, North West Corner, Least Cost, Stepping Stone, optimization*

Copyright (c) 2025 Melliana, Sanco Simanullang, Azmi, Trisna Mesra, Sirlyana
DOI: https://doi.org/10.36275/4rreah35

PENDAHULUAN

Distribusi pupuk merupakan salah satu elemen vital dalam mendukung keberlanjutan sektor pertanian, khususnya di Provinsi Riau yang dikenal sebagai salah satu daerah penghasil komoditas perkebunan terbesar di Indonesia, seperti kelapa sawit, karet, dan kelapa. Tingginya kebutuhan pupuk di wilayah ini menuntut sistem distribusi yang efisien dan tepat waktu untuk memastikan ketersediaan pupuk di tangan petani sesuai dengan musim tanam. Keterlambatan atau inefisiensi dalam distribusi dapat berdampak langsung pada produktivitas pertanian dan mengancam stabilitas rantai pasok hasil perkebunan di Riau.

PT SISUTA, sebagai salah satu perusahaan yang bergerak dalam produksi dan distribusi pupuk, memegang peran strategis dalam memastikan kelancaran pasokan pupuk ke berbagai daerah di Riau. Namun demikian, tantangan geografis yang cukup kompleks dan tingginya biaya transportasi menjadi kendala utama dalam proses distribusi pupuk ke wilayah-wilayah terpencil.

Penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan total biaya transportasi melalui pemilihan rute terbaik dan optimalisasi kapasitas pengiriman. Dengan efisiensi distribusi yang lebih baik, diharapkan PT SISUTA dapat meningkatkan kecepatan layanan, memperluas jangkauan distribusi, serta memberikan manfaat ekonomi yang lebih besar bagi para petani di Riau.

Mendorong adanya pertumbuhan dalam ekonomi bertujuan untuk mendukung berbagai produksi dan kegiatan berupa distribusi yang ada di berbagai wilayah. Untuk memastikan penyebaran hasil secara merata keseluruh wilayah yang luas, diperlukan sistim logistik yang efisien(Melliana et al., 2019). Sektor logistik kini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Pertumbuhan ini sejalan dengan peningkatan permintaan masyarakat yang terus berkembang, didorong oleh kemajuan teknologi yang semakin canggih(Fennell & McDonald, 2024). Dalam menghadapi tuntutan tersebut, logistik memainkan peran yang sangat penting, dan untuk memastikan kelancaran distribusi, dibutuhkan upaya-upaya yang berfokus pada terciptanya sistem logistik yang lebih efisien dan efektif (Melliana et al., 2021).

1.1 Latar Belakang dan Perumusan Masalah

Logistik adalah komponen vital dalam rantai pasok yang bertanggung jawab untuk merencanakan, melaksanakan, dan mengontrol aktivitas penyimpanan serta pergerakan barang beserta informasi yang relevan. Proses ini dilakukan secara efisien dan efektif, dimulai dari sumber awal hingga mencapai konsumen akhir, dengan tujuan utama memenuhi kebutuhan pelanggan secara optimal sambil menekan biaya serendah mungkin. (Sanjaya & Perdana, 2015) dan (Taufik & Septyani, 2016).

Logistik mencakup serangkaian proses, mulai dari pengiriman, melakukan penyimpanan, hingga menyampaikan produk ke konsumen, yang berlangsung dari sumber asal bahan baku yang digunakan hingga tahap manufaktur dan mencapai tujuan akhir. Proses ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan secara efisien dengan menjaga agar biaya tetap minimal(Sanjaya & Perdana, 2015) dan (Guo et al., 2024). Logistik berperan dalam pembangunan ekonomi serta kesejahteraan sosial. Sebagai sektor yang krusial, logistik dikelola dan dipelajari secara terus menerus, mengingat manfaat komersial yang besar yang dapat diperoleh dari pengelolaannya yang efisien dan efektif.(Fan et al., 2024). Biaya untuk sosial dan penggunaan untuk lingkungan adalah bagian integral logistik, sering kali terabaikan. Meski demikian, dalam beberapa tahun terakhir, semakin banyak perhatian yang diberikan untuk memperhatikan dampak-dampak tersebut, seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya aspek tersebut dalam pengelolaan logistik yang lebih berkelanjutan (Melliana et al., 2019).

Logistik yang dibahas disini yaitu logistik pendistribusian di bidang sektor agribisnis yaitu pendistribusian pupuk kepada konsumennya. Sebagai bahan utama dalam industri pertanian, pupuk memiliki peran penting dalam meningkatkan produktivitas lahan pertanian (Sanjaya & Perdana, 2015). Untuk mendukung penyebaran pupuk ke berbagai wilayah, efisiensi dalam sistem distribusi menjadi kebutuhan yang tidak bisa diabaikan. Pendistribusian yang tidak efisien dapat menyebabkan peningkatan biaya operasional, sehingga berpotensi mengurangi daya saing perusahaan (Chen et al., 2024).

Permasalahan dalam penelitian ini adalah sering terjadi keterlambatan dan kekurangan dalam sistim pendistribusian. Walaupun perusahaan telah membangun jaringan distribusi yang cukup luas, masih terdapat hambatan dalam hal efisiensi biaya distribusi yang perlu diatasi (Wiratmani et al., 2022).

Banyaknya rute distribusi yang tersedia membuat pemilihan rute terbaik menjadi lebih kompleks, terutama jika tidak dilakukan secara sistematis dan terstruktur (Nugraha et al., 2019). Ketidakmampuan dalam memanfaatkan metode transportasi yang tepat dapat menyebabkan inefisiensi, seperti *over-budgeting* dan keterlambatan pengiriman (Septiana et al., 2020). Masalahan yang dikupas pada penelitian ini berupa pengimplementasikan metode transportasi secara efektif dalam pendistribuasian pupuk sehingga tujuan dari penelitian ini dapat mengoptimalkan biaya yang dikeluarkan pada saat pendistribusian pupuk (studi kasus pada ditributor PT. Sisuta Dumai).

Urgensi dari penelitian ini untuk melihat distribusi pupuk yang tidak efisien dapat mengakibatkan keterlambatan pengiriman, peningkatan biaya operasional, serta berdampak negatif pada produktivitas sektor pertanian di Riau. Oleh karena itu, penerapan metode optimasi transportasi menjadi kebutuhan yang mendesak untuk menurunkan biaya distribusi sekaligus meningkatkan efektivitas logistik perusahaan. Optimalisasi rute dan alokasi pengiriman yang tepat sangat diperlukan agar PT SISUTA dapat memberikan pelayanan yang lebih baik, efisien, dan kompetitif. Adapun tujuan penelitian ini adalah menganalisis dan mengoptimalkan biaya distribusi pupuk pada PT SISUTA, mengidentifikasi metode transportasi yang paling efisien dalam menekan biaya logistik dan memberikan solusi distribusi yang lebih efektif melalui penerapan metode *North West Corner, Least Cost, dan Stepping Stone.*

Berdasarkan latar belakang dan urgensi tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa total biaya distribusi pupuk PT SISUTA sebelum dilakukan optimasi transportasi?
2. Bagaimana penerapan metode North West Corner, Least Cost, dan Stepping Stone dalam mengoptimalkan biaya distribusi pupuk di PT SISUTA?
3. Metode transportasi mana yang paling efisien dan optimal dalam menurunkan biaya distribusi pupuk di PT SISUTA?

1.2 Pendekatan Pemecahan Masalah

Logistik adalah rangkaian aktivitas yang meliputi pengiriman, hingga mencapai pelanggan, dengan proses sistem dari manufaktur, dengan tujuan memenuhi permintaan secara efisien dan biaya minimal (Son et al., 2024) dan (Syahidah, Melliana, dan Mesra, T., 2923). Logistik memegang peran penting dalam pembangunan ekonomi dan peningkatan kesejahteraan sosial. Oleh sebab itu, pengelolaan dan kajian terhadap logistik terus dilakukan secara berkelanjutan karena alasan komersial yang mendasarinya
(Susan Meyer Goldstein, Roger G Schroeder, 2012) (Christopher, 1998), Logistik adalah komponen penting dalam manajemen rantai pasok yang melibatkan perencanaan,

pelaksanaan, dan pengendalian aliran serta penyimpanan barang, informasi, dan layanan secara efisien, dari titik asal hingga tujuan, untuk memenuhi kebutuhan konsumen.

Pengelolaan logistik untuk pendistribusian terjadi ketika barang masuk ke gudang secara bersamaan, pesanan yang dimiliki sama dengan tujuan yang sama dikelompokkan dalam kendaraan yang sama untuk proses pengiriman (Sanjaya & Perdana, 2015). Untuk memudahkan pengambilan keputusan dalam pelaksanaan pendistribusian untuk menangani permasalahan adalah:1) penentuan lokasi gudang dan tujuan, 2) penentuan keputusan alokasi berkaitan dengan cara mengalokasikan ke pelanggan, (3) penentuan keputusan perutean untuk menunjukkan rute kendaraan yang digunakan untuk melayani pelanggan di bagian hilir dan, 4) penentuan keputusan jumlah inventarisasi yang disimpan di setiap gudang (Guo et al., 2024).

Pengoptimalan pengiriman bahan baku kelapa dengan menerapkan transportasi menggunakan *Stepping Stone Method* dilakukan oleh (Lestari et al., 2023). Pendekatan Model Transportasi NWC Dan Software LINGO Dilakukan oleh (Fan et al., 2024). Penelitian dilakukan di perusahaan Toko Ayam Sehat.com, Pendistribusian barang dari produsen hingga sampai ketangan konsumen menjadi salah satu aspek dalam menjalankan suatu usaha yang harus direncanakan dan diperhitungkan demi memenuhi kebutuhan pasar. Pengiriman barang mengakibatkan adanya biaya yang timbul dan merupakan salah satu kendala yang sering dihadapi.

Metode alokasi biaya diterapkan untuk melihat bagaimana kinerjanya dalam menyediakan solusi yang stabil (Wiratmani et al., 2022). Urutan pengolahan dan analisis data adalah:

a. *North West Corner Method* (NWC)

Solusi dalam permasalahan dalam transportasig berlandaskan antara persediaan dan kebutuhan dalam matriks transportasi. North West Corner Method (NWC) mengalokasikan secara sistematis pada kotak-kotak matriks mulai dari sudut sebelah kiri bagian atas hingg sudut sebelah kanan bagian bawah dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Memulai dari sudut kiri bagian atas, dialokasikan nilai dan ditulis min(). Maksudnya, bahwa kebutuhan lebih kecil dari persediaan, maka persediaan akan dikurangi dengan jumlah kebutuhan, atau jika persediaan lebih sedikit, maka kebutuhan akan dipenuhi dari persediaan yang ada. Jika nilai persediaan dan kebutuhan sama, maka langkah selanjutnya adalah mengalokasikan min(,) ke kotak berikutnya. Proses ini berlanjut hingga seluruh kebutuhan dan persediaan teralokasikan.

Selanjutnya, alokasikan nilai yang sesuai pada kotak yang kosong, misalnya dengan mengalokasikan 5 unit pada kotak tertentu, untuk mewakili kurangnya kebutuhan.

Dengan mengikuti prosedur ini, akan diperoleh serangkaian alokasi yang membentuk basis fisibel awal. Total biaya distribusi dapat dihitung menggunakan rumus Z=(1)+(2)+(3)+(…)+(...)+(n)

b. Metode *Least Cost*

Least Cost mempertimbangkan transportasi terendah. Step-step untuk menyusun metode ini berdasarkan (Septiana et al., 2020), (Son et al., 2024), adalah:

1. Pilih kotak biaya transportasi (Cij) terkeci, alokasikan Xij = minimum [Si, Dj], sehingga baris i atau kolom j akan habis. Baris atau kolom yang sudah habis akan dihilangkan.
2. Sisa kotak yang tersedia (jangan dihilangkan), pilih kembali Cij yang kecil dan alokasikan sebanyak mungkin pada baris i atau kolom j.
3. Lanjutkan hingga seluruhnya terpenuhi (Lestari et al., 2023).

c. *Stepping Stone Method*

Stepping stone method adalah sebuah pendekatan dalam pemecahan masalah atau perencanaan yang menggabungkan langkah-langkah kecil dan terukur dalam mencapai suatu tujuan yang lebih tepat. Metode ini, masalah yang lebih rumit dipecah dipecah menjadi komponen yang lebih kecil dan lebih terperinci mudah dikelola. Setiap bagian tersebut dianggap sebagai "*stepping stone*" atau batu loncatan yang membawa kita lebih dekat ke solusi akhir atau tujuan yang diinginkan (Septiana et al., 2020).

Untuk menentukan entering dan leaving variable, langkah awal adalah membentuk loop tertutup untuk setiap variabel non-basis. Loop ini dimulai dan berakhir pada variabel non-basis yang sedang diperiksa, dengan setiap sudut loop harus berupa titik yang ditempati oleh variabel basis dalam tabel transportasi. Loop digunakan untuk mengevaluasi apakah penurunan biaya (z) dapat dicapai jika variabel non-basis dimasukkan ke dalam basis. Dengan memeriksa semua variabel non-basis dalam satu iterasi, variabel yang memenuhi kriteria dapat ditetapkan sebagai *entering variable.*

1.3 *State Of The Art* dan Kebaharuan

Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan tiga metode secara kombinasi (*North West Corner, Least Cost, dan Stepping Stone*) untuk mengoptimalkan biaya transportasi, berbeda dari penelitian sebelumnya yang umumnya hanya menggunakan satu metode. Penelitian ini juga berfokus pada distribusi barang pertanian (pupuk)**,** bukan barang konsumsi. Selain itu, ruang lingkupnya mencakup satu wilayah provinsi**,** berbeda dengan penelitian sebelumnya yang berfokus pada tingkat kabupaten/kota. Penelitian ini melibatkan kerja sama langsung dengan distributor PT. Sisuta Dumai**,** memungkinkan penerapan hasil penelitian secara praktis. Kombinasi metode ini terbukti memberikan penghematan biaya yang lebih besar dan solusi distribusi yang lebih efisien.

METODE

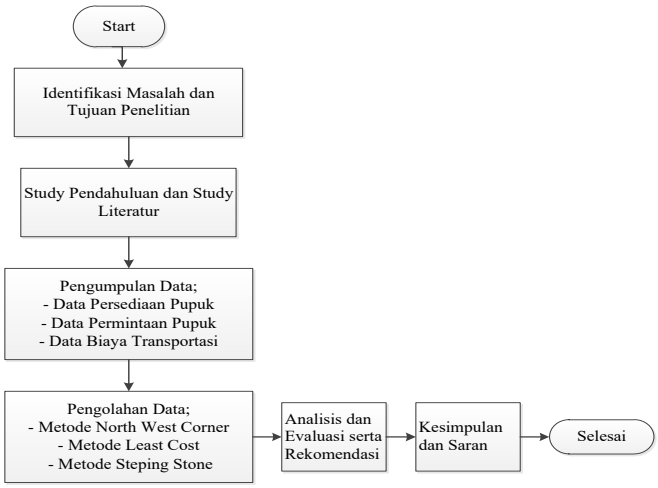
Penelitian ini dilaksanakan di PT Sisuta, Kota Dumai. Data berupa data kualitatif dan pengumpulan data melalui metode primer dan sekunder. Populasi penelitian ini semua kabupaten/kota di Riau, sedangkan sampel diambil dari tujuh kabupaten /kota. Data awal yang sudah dilaksanakan berupa studi awal ke perusahaan yaitu untuk mengetahui aktivitas PT Sisuta Dumai, lokasi tujuan distribusi dan biaya distribusi setiap lokasi.

Data yang dikumpulkan merupakan data kuantitatif yang ada pada bulan Oktober 2024 berupa data permintaan, persediaan pupuk dan biaya tranportasi.

Adapun Teknik pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini yaitu:

1. Pengolahan data menggunakan metode *north west corner* (NWC), dan membandingkannya dengan metode *Least Cost*.
2. Kemudian pengoptimalan menggunakan metode *stepping stone* untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

Untuk memngetahui tahapan maupun langkah-langkah dalam penelitian yang dilakukan dari mulai hingga selesai, dapat dilihat pada diagaram alir Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Luaran yang ditargetkan pada rencana penelitian ini adalah:

1. Hasil Penelitian nantinya memberikan manfaat kepada masyarakat umum dan khususnya pemilik usaha PT Sisuta Dumai dalam menentukan bagaimana sistim logistik dan sistim pendistribusian yang lebih efisien dan efektif.
2. Memberikan edukasi kepada masyarakat terutama PT Sisuta Dumai dalam penerapan sistim distribusi metode transportasi dalam menghemat biaya pengiriman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan untuk mendapatkan data yang dipergunakan saat melakukan pengolahan dan analisis data. Adapun data tersebut adalah:

Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data persediaan yang ada di gudang yaitu gudang yang berada di Dumai dan Siak. Data tersebut adalah:

Tabel 1. Data Persediaan

No.	Gudang	Stok (Ton)
1	Dumai	2500
2	Siak	1600
TOTAL		4100

Sumber: Data Penelitian 2024

Selain data persediaan data yang dikumpulkan juga berupa data kebutuhan oleh setiap daerah yang ada di wilayah Provinsi Riau yaitu:

Tabel 2. Data Kebutuhan dan Biaya Transportasi

No.	**Distributor**	**Permintaan**	**Dumai (Rp.)**	**Siak (Rp.)**
1	Pekanbaru	400	4.000.000	3.500.000
2	Duri	500	3.000.000	4.000.000
3	Bagan Batu	800	4.000.000	8.800.000
4	Ujung Batu	720	7.000.000	7.000.000
5	Bagan Siapi api	500	3.800.000	8.700.000
6	Minas	640	3.800.000	3.000.000
7	Rengat	540	14000000	7.800.000
TOTAL		**4.100**		

Sumber: Data Penelitian 2024

Data yang didapatkan pada Tabel 1 dan 2 terlebih dahulu dibentuk dalam matriks transportasi seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Matrik Transportasi dari Gudang ke Distributor

		Distributor							
		Duri	Pekanbaru	Bagan Batu	Ujung Batu	Bagan Siapiapi	Minas	Rengat	supply
Gudang	Dumai	Rp2.344	Rp1.361	Rp1.429	Rp1.606	Rp1.520	Rp1.570	Rp2.029	2750
	Siak	Rp1.361	Rp1.902	Rp1.477	Rp1.591	Rp1.532	Rp2.206	Rp1.518	1500
	Permintaan	450	240	620	310	500	560	840	4250

Sumber: Data Penelitian 2024

Perhitungan Z optimal dengan menjumlahkan antara perkalian biaya dengan kebutuhan di dapat Z = Rp. 11.683.200.

Biaya pendistribusian berdasarkan matriks transportasi di dapat Rp. 11.683.200. Selanjutnya baiaya tersebut dapat dioptimalkan dengan menggunakan metode *north west corner* (NWC) dan metode *least cost* (LC).

Metode North West Corner

Metode north weat corner dapat dilanjutkan setelah melakukan matriks transportasi. Metode NWC dapat di hitung seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Metode *North West Corner*

		Distributor							
		Duri	Pekanbaru	Bagan Batu	Ujung Batu	Bagan Siapiapi	Minas	Rengat	supply
Gudang	Dumai	Rp2.344 500	Rp1.361 400	Rp1.429 800	Rp1.606 720	Rp1.520 80	Rp1.570	Rp2.029	2500
	Siak	Rp1.361	Rp1.902	Rp1.477	Rp1.591	Rp1.532 420	Rp2.206 640	Rp1.518 540	1600
	Permintaan	500	400	800	720	500	640	540	4100

Sumber: Data Penelitian 2024

Perhitungan biaya transportasi berdasarkan NWC adalah mengalikan biaya dengan jumlah yang memiliki kebutuhan pada kolom yaitu:

Z = (x) + (x) + (x) +.....n

Z = (2.344 x 500) + (1.361 x 400) +.....+ (1.518 x 540) = Rp. 7.012.520;

Hasil perhitungan NWC yang didapatkan sebesar Rp. 7.012.520, selanjutnya dilakukan perhitungan dengan metode *least cost* untuk lebih *feasible* lagi.

Metode *Least Cost*

Perhitungan dengan menggunakan *least cost* terlebih dahulu memilih sel dengan biaya yang terendah yang sesuaikan dengan banyak permintaan. Selanjutnya perhitungan dapat dipilih sel yang lebih besar dari sel yang pertama dan setelah terisi semua sel baru dapat dihitung biayanya.

Tabel 5 Metode *Least Cost*

		Distributor							
		Duri	Pekanbaru	Bagan Batu	Ujung Batu	Bagan Siapiapi	Minas	Rengat	supply
Gudang	Dumai	Rp2.344	Rp1.361 400	Rp1.429 800	Rp1.606 160	Rp1.520 500	Rp1.570 640	Rp2.029	2500
	Siak	Rp1.361 500	Rp1.902	Rp1.477	Rp1.591 560	Rp1.532	Rp2.206	Rp1.518 540	1600
	Permintaan	500	400	800	720	500	640	540	4100

Sumber: Data Penelitian 2024

Tabel 5 dapat dihitung besar biaya transportasi, untuk perhitungannya sama seperti perhitungan pada NWC yaitu:

Z = (x) + (x) + (x) +.....n

Z = (1.361 x 400) + (1.429 x 800) + ... + (1.518 x 540) = Rp. 6.099.040;

Besarnya biaya yang di dapatkan setelah melakukan perhitungan dengan metode least cost adalah Rp. 6.100.540

Metode *Steping Stone*

Perhitungan metode *steping stone* dilakukan untuk lebih optimal dan efisiensi dalam penggunaan biaya. Solusi untuk perhitungan *steping stone* terlebih dahulu memilih salah satu sel kosong tanpa lokasi dalam tabel distribusi, dan dilanjutkan memindahkan barang yang ada ke sel kosong yang di alokasikan, untuk siklus ini jika biaya bernilai negatif berarti dapat mengurangi biaya total. Untuk memulai perhitungan steping stone terlabih dahulu merujuk ke Tabel 4 Metode NWC. Tabel ini akan menjadi awal perhitungan untuk *steping stone* dengan menentukan *entering variabel*. Selanjutnya untuk perhitungan *steping stone* adalah:

Tabel 6. *Loop* Variabel Nonbasis

		Distributor							
		Duri	Pekanbaru	Bagan Batu	Ujung Batu	Bagan Siapiapi	Minas	Rengat	supply
Gudang	Dumai	- Rp2.344 500	Rp1.361 400	Rp1.429 800	Rp1.606 720	+ Rp1.520 80	Rp1.570	Rp2.029	2500
	Siak	+ Rp1.361	Rp1.902	Rp1.477	Rp1.591	- Rp1.532 420	Rp2.206 640	Rp1.518 540	1600
	Permintaan	500	400	800	720	500	640	540	4100

Sumber: Data Penelitian 2024

Penjumlahan harga nonbasis pada Tabel 6 dapat dihitung mulai dari angka positif (+) dan berputar melawan arah jarum jam, sedangkan tanda negatif (-) menyatakan bahwa nilai pada kotak bisa bertambah atau berkurang.

Nilai yang didapatkan setelah perhitungan adalah:

1.570 - 1.520 + 1.532 - 2.206 = - 624

2.029 – 1.520 + 1.532 – 1.518 = 523

1.361 – 1.532 + 1.520 – 2.344 = - 995

1.902 – 1.532 + 1.520 – 1.361 = 529

1.477 – 1.532 + 1.520 – 1.429 = 36

1.591 – 1.532 + 1.520 – 1.606 = - 27

Hasil perhitungan *entering variabel* terdapat variabel nonbasis bernilai negatif yang tinggi. Untuk meminimumkan entering variabel pada variabel nonbasis yang bernilai negatif sehingga terjadi perubahan pengalokasian sampai terdapat nilai entering variabel nonbasis yang positif. Setelah dilakukan berulang kali entering varian (lampiran) pada pengalokasian didapat variabel nonbasis yang bernilai positif seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. *Loop* Perubahan *Entering Variabel*

		Distributor							
		Duri	Pekanbaru	Bagan Batu	Ujung Batu	Bagan Siapiapi	Minas	Rengat	supply
Gudang	Dumai	Rp2.344	Rp1.361 400	Rp1.429 800	Rp1.606 160	Rp1.520 500	Rp1.570 640	Rp2.029	2500
	Siak	Rp1.361 500	Rp1.902	Rp1.477	Rp1.591 560	Rp1.532	Rp2.206	Rp1.518 540	1600
	Permintaan	500	400	800	720	500	640	540	4100

Sumber: Data Penelitian 2024

Perhitungan hasil perubahan nonbasis pada perubahan entering variabel adalah
2.344 – 1.361 + 1.591 – 1.606 = 968
2.029 – 1.606 + 1.591 – 1.518 = 496
1.902 – 1.591 + 1.606 – 1.361 = 556
1.477 – 1.591 + 1.606 – 1.429 = 63
1.532 – 1.520 + 1.606 – 1.591 = 27
2.206 – 1.570 + 1.606 – 1.591 = 651

Hasil perubahan nonbasis didapat secara keseluruhan sudah bernilai positif. Hasil ini sudah dapat dilanjutkan perhitungan biaya dengan metode s*teping stone yaitu:*

Z = (x) + (x) + (x) +.....n

Z = (1.361 x 400) + (1.429 x 800) + (1.606 x 160) + (1.520 x 500) + (1.570 x 640)
+ (1.361 x 500) + (1.591 x 560) + (1.518 x 540)

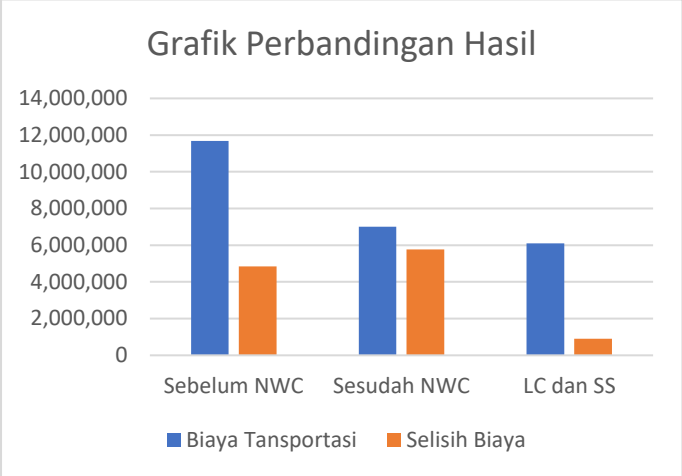
Z = Rp. 6.100.540;

Hasil yang didapatkan setelah perhitungan steping stone dengan biaya optimalnya adalah sebesar Rp. 6.100.540.

Analisis dan Evaluasi

Berdasarkan hasil penelitian dapat dianalisis bahwa ada perubahan harga atau biaya transportasi awal dengan adanya perhitungan *north west corner* , *least cost* dan *stepping stone*. Perhitungan biaya sebelum dilakukan dengan menggunakan metode adalah sebesar Rp. 11.683.200. Perhitungan dengan menggunakan metode *North West Corner* didapat nilai biaya transportasi sebesar Rp. 7.012.520; dan dengan menggunakan metode *least cost* beserta stepping stone memperoleh nilai biaya transportasi Rp. 6.100.540. Besarnyaselisih nilai yang di dapat antara biaya awal dengan *north west corner* sebesar Rp. 4.850.680, selisih nilai awal

dengan *least cost* dan *stepping stone* adalah Rp. 5.762.660, sedangkan selisih nilai *north west corner* dengan *least cost* dan *stepping stone* sebesar Rp. 911.980.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan

Hasil analisis dapat di evaluasi bahwa biaya yang paling optimal di dapat dari metode *least cost* dan *stepping stone* karena memberikan nilai yang paling terendah dari perhitungan yang di lakukan. Dalam hal dapat disimpulkan bahwa metode yang paling efisien digunakan yaitu dengan menggunkan *least cost* dan *stepping stone* yang menghasilan selisih dengan nilai awal sebesar Rp. 5.762.660.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam biaya transportasi sebelum dan sesudah penerapan metode optimasi. Sebelum menggunakan metode optimasi, biaya transportasi tercatat sebesar Rp. 11.683.200. Setelah menggunakan metode North West Corner, biaya transportasi menurun menjadi Rp. 7.012.520, menghasilkan penghematan sebesar Rp. 4.850.680. Penggunaan metode Least Cost dan Stepping Stone menghasilkan penghematan yang lebih besar, dengan total biaya transportasi sebesar Rp. 6.100.540, yang memberikan pengurangan biaya sebesar Rp. 5.762.660 dibandingkan dengan biaya awal.

Dibandingkan dengan metode North West Corner, metode Least Cost dan Stepping Stone juga terbukti lebih efisien, dengan selisih penghematan tambahan sebesar Rp. 911.980. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa metode yang paling optimal dan efisien dalam mengurangi biaya transportasi adalah Least Cost dan Stepping Stone, karena metode ini memberikan total biaya pengiriman yang paling rendah serta menghasilkan penghematan terbesar dari nilai awal, yaitu sebesar Rp. 5.762.660.

Implikasi hasil penelitian ini dapat di sosialisasikan kepada karyawan dengan memberikan software yang sudah digunakan dalam perhitungan ini berupa Excel maupun Google Sheets.

SARAN

1. Metode Least Cost dan Stepping Stone terbukti memberikan hasil biaya transportasi yang paling optimal. Oleh karena itu, disarankan agar perusahaan secara konsisten menggunakan metode ini dalam perencanaan dan pengelolaan distribusi barang. Implementasi metode ini secara rutin dapat membantu perusahaan menghemat biaya operasional secara signifikan.

2. Disarankan untuk melakukan pengendalian dan evaluasi biaya transportasi secara berkala. Perubahan harga bahan bakar, biaya operasional, atau permintaan konsumen dapat memengaruhi biaya pengiriman.
3. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian dengan mempertimbangkan variabel waktu pengiriman dan kapasitas kendaraan yang bervariasi, sehingga hasil penelitian tidak hanya fokus pada biaya, tetapi juga pada efektivitas waktu.

DAFTAR PUSTAKA

Chen, L., Jiang, Y., Deng, X., Zheng, S., Chen, H., & Rabiul Islam, M. (2024). A multi-period restoration approach for resilience increase of active distribution networks by considering fault rapid recovery and component repair. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, *161*(August), 110181. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2024.110181

Christopher, M. (1998). *Logistic and Supply Chain Management : Strategies for Reducing Cost and Improving Service*.

Fan, P., Yang, J., Ke, S., Wen, Y., Liu, X., Ding, L., & Ullah, T. (2024). A multilayer voltage intelligent control strategy for distribution networks with V2G and power energy Production-Consumption units. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, *159*(April), 110055. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2024.110055

Fennell, C. T., & McDonald, M. (2024). Distributional learning of bimodal and trimodal phoneme categories in monolingual and bilingual infants. *Infant Behavior and Development*, *77*(May), 101983. https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2024.101983

Guo, M. F., Yao, M., Gao, J. H., Liu, W. L., & Lin, S. (2024). An incremental high impedance fault detection method under non-stationary environments in distribution networks. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, *156*(PA), 109705. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2023.109705

Lestari, S., Mustari, G. I., Muttaqien, Z., Tangerang, C., Manufaktur, F. T., Jenderal, U., & Yani, A. (2023). *Implementasi Metode Transportasi Dalam Optimasi Biaya Distribusi Produk Karet Pada PT. IRC Inoac Indonesia*. *12*(01), 26–33. http://jurnal.umt.ac.id/index.php/jt/index

Melliana, Sinulingga, S., Nasution, H., & Matondang, N. (2019). Competence model of human resources, infrastructure, and regulation in improving logistics performance. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, *10*(1), 2577–2586.

Melliana, Yusrizal, Mesra, T., & Fitra. (2021). The Role of Human Resource Competency in Improving Logistic Performance. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *709*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/709/1/012047

Nugraha, E., Sari, R. M., Industri, T., Bandung, U. M., Industri, T., & Widyatama, U. (2019). Efektivitas Biaya Pengiriman Menggunakan Metode Transportasi. *Competitive*, *14*(2), 21–26.

Sanjaya, S., & Perdana, T. (2015). Logistics System Model Development on Supply Chain Management of Tomato Commodities for Structured Market. *Procedia Manufacturing*, *4*(Iess), 513–520. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.070

Septiana, M. A., Hidayattulloh, R., Machmudin, J., & Anggraeni, N. F. (2020). Optimasi Biaya Pengiriman Kelapa Menggunakan Model Transportasi Metode Stepping Stone. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, *5*(2), 111–115. https://doi.org/10.33884/jrsi.v5i2.1909

Son, E. T., Oh, B. C., Cho, J. T., Kim, H. J., & Kim, S. Y. (2024). Optimizing load transfer ability in short-term planning of advanced distribution management system: An empirical study on South Korea. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, *157*(October 2023), 109807. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2024.109807

Susan Meyer Goldstein, Roger G Schroeder, M. J. R. (2012). *Operations Management in the Supply Chain: Decisions and Cases* (6th, berilus ed.). McGraw-Hill Education.

Syahidah, Melliana, dan Mesra, T. (2923). Optimalisasi Antrian Truk di PT Kuala Lumpur Kepong Dumai. *Jurnal ARTI, ISSN: 2807-6443*, *18*, *No. 2,* pp: 1-10.

Taufik, T., & Septyani, S. (2016). Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis pada Mesin Turbin Di PT Pln (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, *14*(2), 238. https://doi.org/10.25077/josi.v14.n2.p238-258.2015

Wiratmani, E., Falani, I., Billah, S. H., Oktavianto, A., Pamoajer, H., & Akbar, S. (2022). Optimalisasi Biaya Distribusi Produk dengan Menggunakan Vogel's Approximation Method di PT. LF Beauty Manufacturing. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, *6*(3), 236. https://doi.org/10.30998/string.v6i3.10433